

**MANUFACTURE OF SPARK PLUG, AND SPARK PLUG****Publication number:** JP2001060488 (A)**Publication date:** 2001-03-06**Inventor(s):** ONO HIROSHI**Applicant(s):** NGK SPARK PLUG CO**Classification:****- international:** *H01T13/20; H01T13/39; H01T21/02; H01T13/20; H01T13/39; H01T21/00; (IPC1-7): H01T13/20; H01T13/39; H01T21/02***- European:****Application number:** JP19990234692 19990820**Priority number(s):** JP19990234692 19990820**Abstract of JP 2001060488 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spark plug and a manufacturing method of the spark plug, capable of suppressing the occurrence and growth of cracks without causing large variations in the constituent distribution and coefficient of thermal expansion of a laser weld part in the electrode axial direction (the weld-bead widthwise direction) if the irradiation position of a laser beam is shifted (varied) in the electrode axial direction among individual spark plugs. SOLUTION: An alloy chip 34 having an intermediate coefficient of thermal expansion between that of a wear-resistant chip 33 and that of a welded part 32c is layered between the wear-resistant chip 33 and the welded part 32c, and a laser weld part B is formed along their outer circumferential surfaces so as to spread over the wear-resistant chip 33, the alloy chip 34, and the welded part 32c.; This reduces variations to a relatively small range in the constituent distribution of a laser weld part in the electrode axial direction (the weld-bead widthwise direction) if the irradiation position of a laser beam is shifted (varied) in the electrode axial direction among individual spark plugs. Accordingly, a change in coefficient of thermal expansion becomes relatively small near a boundary between the laser weld part and a precious metal chip or an electrode parent material, and therefore the occurrence and growth of cracks can be suppressed.



.....  
Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル* (参考)
H 0 1 T 13/20		H 0 1 T 13/20	E 5 G 0 5 9
13/39		13/39	
21/02		21/02	

審査請求 未請求 請求項の数7 O L （全 9 頁）

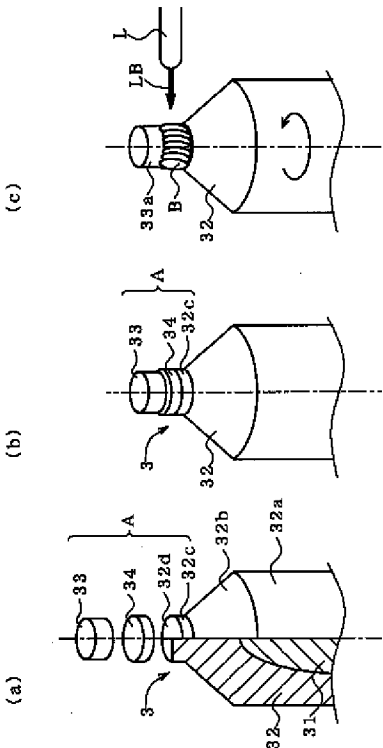
(21)出願番号	特願平11－234692	(71)出願人	000004547 日本特殊陶業株式会社 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号
(22)出願日	平成11年8月20日(1999.8.20)	(72)発明者	大野 浩史 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号 日 本特殊陶業株式会社内
		(74)代理人	100095751 弁理士 菅原 正倫
		Fターム(参考)	5G059 AA10 CC01 DD10 DD11 DD12 DD15 EE10 EE11 EE12 EE15

(54)【発明の名称】 スパークプラグの製造方法及びスパークプラグ

(57)【要約】

【課題】 スパークプラグ個体間で、レーザービームの照射位置が電極軸線方向にずれて（ばらついて）も、レーザー溶接部の電極軸線方向（溶接ビード幅方向）における成分分布や熱膨張率が大きく変動することなく、クラックの発生・成長を抑制できるスパークプラグの製造方法、及びスパークプラグを提供する。

【解決手段】 耐消耗性チップ33と被溶接部32cとの間に、耐消耗性チップ33と被溶接部32cとの中間の熱膨張率をもつ合金チップ34を積層状に重ね合わせ、耐消耗性チップ33、合金チップ34及び被溶接部32cに跨るレーザー溶接部Bを外周面に沿って形成した。このことにより、スパークプラグ個体間で、レーザービームの照射位置が電極軸線方向にずれた（ばらついた）場合でも、レーザー溶接部の電極軸線方向（溶接ビード幅方向）における成分分布の変動幅が相対的に小さく抑えられる。これに伴い、レーザー溶接部と貴金属チップ又は電極母材との境界付近における熱膨張率の変化は相対的に小さくなり、クラックの発生・成長を抑制できる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向して火花放電ギャップを形成するように配置された接地電極とを備え、前記火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方は、その電極母材に、I r, R h, P t, P d, R u, R e, W, O s, M o, A uのうちの少なくとも1種を主成分とする耐火花消耗性金属チップ（以下、耐消耗性チップという）をレーザー溶接によって接合することにより耐火花消耗性金属発火部が形成されたスパークプラグの製造方法であって、前記電極母材の、少なくとも前記耐消耗性チップの被溶接部を耐熱合金にて構成し、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との間に、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との中間の熱膨張率をもつ合金チップを積層状に重ね合わせて、前記耐消耗性チップ、前記合金チップ及び前記被溶接部に跨るレーザー溶接部を外周面に沿って形成することにより、前記耐消耗性チップを前記被溶接部に固着することを特徴とするスパークプラグの製造方法。

【請求項2】 前記合金チップは、溶接接合時に、前記被溶接部及び／又は前記耐消耗性チップに固定されている請求項1記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項3】 前記合金チップは、前記被溶接部の主成分を10～50重量%含む請求項1又は2に記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項4】 前記合金チップは、前記耐消耗性チップ及び前記被溶接部の主成分原料を配合・溶解して形成したものが使用される請求項1ないし3のいずれかに記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項5】 前記合金チップは、前記耐消耗性チップ及び前記被溶接部の主成分を含有する金属粉末を焼結したものが使用される請求項1ないし3のいずれかに記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項6】 溶接接合後の前記レーザー溶接部に焼鈍処理が行われる請求項1ないし5のいずれかに記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項7】 中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向して火花放電ギャップを形成するように配置された接地電極とを備え、前記火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方は、その電極母材に、耐消耗性チップをレーザー溶接によって接合することにより耐火花消耗性金属発火部が形成されたスパークプラグであって、前記電極母材の、少なくとも前記耐消耗性チップの被溶接部を耐熱合金にて構成し、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との間に、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との中間の熱膨張率をもつ合金チップが積層状に重ね合わされ、前記耐消耗性チップ、前記合金チップ及び前記被溶接部

に跨るレーザー溶接部が外周面に沿って形成されていることを特徴とするスパークプラグ。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明はスパークプラグの製造方法及びスパークプラグに関する。

**【0002】**

【従来の技術】 内燃機関の点火用に使用されるスパークプラグにおいては、近年、耐火花消耗性向上のために、電極の先端にP tやI r等を主体とする貴金属チップを溶接して貴金属発火部を形成したタイプのものが使用されている。例えば中心電極の先端面に貴金属チップを接合する場合、その製造方法として、円板状又は円柱状の貴金属チップを中心電極先端に重ね合わせ、中心電極を回転させながら重ね合せ面の外周に沿ってレーザー光を照射することにより、レーザー溶接部を形成する方法が提案されている（例えば、特開平6-45050号、特開平10-112374号の各公報）。

【0003】 中心電極の先端面に貴金属チップを接合する場合、従来の製造方法の一例を図7に示す。N i又はF eを主成分とする耐熱合金によって、中心部の芯体31'を覆うように形成された電極母材32'の先端面に、P tやI r等を主成分とする円板状又は円柱状の貴金属チップ33'を重ね合わせる。そして、電極母材32'と貴金属チップ33'とを回転させながら貴金属チップ33'と電極母材32'との境界位置に向けてレーザー光源LからレーザービームLBを照射する。これにより、貴金属チップ33'と電極母材32'とが溶融・凝固し、この両者に跨ってレーザー溶接部B'が形成され、貴金属発火部33a'を有する中心電極3'が得られる。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】 ところで、レーザービームLBの照射位置を、貴金属チップ33'と電極母材32'との境界位置付近（図5（a）のa位置）に選ぶことによって、図5（a）に示すように、レーザー溶接部B'の貴金属チップ33'との境界近傍における成分分布は電極母材成分が低く貴金属チップ成分が高くなる。また、電極母材32'との境界近傍における成分分布は電極母材成分が高く貴金属チップ成分が低くなる。これは、貴金属チップ33'と電極母材32'とが短時間で溶融・凝固して、充分な拡散が行われずにレーザー溶接部B'が形成されるためであると考えられる。しかるに、レーザービームLBの照射位置が、例えば図5（a）のb位置やc位置のように、スパークプラグ個体間で電極軸線方向（溶接ビード幅方向）にばらついた（上下動した）とき、レーザー溶接部B'における成分分布は個体間で、貴金属チップ33'又は電極母材32'とレーザー溶接部B'との境界付近において、電極軸線方向（溶接ビード幅方向）に著しく変動する傾向が

ある。

【0005】一方、熱膨張率は一般に、貴金属チップ33' > レーザー溶接部B' > 電極母材32' である。また、レーザー溶接部B' の合金層における熱膨張率は、上記成分分布及びその変動幅に比例していると考えられる。したがって、レーザー溶接部B' における貴金属チップ33' との境界近傍及び電極母材32' との境界近傍は、熱膨張率等の物理的特性ができる限り近いことが望ましい。レーザービームLBの照射位置を、貴金属チップ33' と電極母材32' との境界位置付近(図5(a)のa位置)に選ぶことによって、上述のような成分分布を示すため、レーザー溶接部B' における貴金属チップ33' との境界近傍及び電極母材32' との境界近傍の熱膨張率等の物理的特性が近くなる。これに対し、レーザービームLBの照射位置が個体間で上下動すると、レーザー溶接部B' における熱膨張率は、貴金属チップ33' 又は電極母材32' とレーザー溶接部B' との境界付近において、電極軸線方向(溶接ビード幅方向)に急激に変化することになる。即ち、レーザービームLBの照射位置が、図5(a)のb位置に来たときには、電極軸線方向の下の方にまで貴金属チップ成分が多く存在するため、レーザー溶接部B' と電極母材32' との境界付近において、貴金属チップ成分が多く存在する部分が有る。また、逆に図5(a)のc位置に来たときには、電極軸線方向の上の方にまで電極母材成分が多く存在するため、レーザー溶接部B' と貴金属チップ33' との境界付近において、電極母材成分が多く存在する部分が有る。したがって、このような部分では熱膨張率等の物理的特性は大きく異なってくる。

【0006】このような状況下において、内燃機関のように冷熱サイクルに繰り返し繰り返されると、熱膨張率(熱収縮率)の違いにより貴金属チップ33' 又は電極母材32' とレーザー溶接部B' との境界付近にクラックK' が発生する恐れがある。クラックK' が成長すると貴金属チップ33' が電極母材32' から脱落する場合もある。

【0007】例えば、レーザー溶接部B' が電極母材32' の中心にまで達し、貴金属チップ33' をすべて溶融して径方向中央部に未溶接領域を残さないときは、レーザー溶接部B' のビードの幅や深さが大きくなるので強固な溶着力が得られる。その反面、この構成では溶接熱源からの入熱が大きいため、貴金属チップ33' に比べて熱変化を起こし易い電極母材32' や芯体31' は、過剰な熱吸収によりブローホールやクラックが発生し易くなる問題がある。そこで、溶接に要する熱量を抑えつつ、電極母材32' や芯体31' へ悪影響を及ぼさないよう配慮して、図7の如く電極母材32' の少なくとも径方向中央部に未溶接領域を残し、貴金属チップ33' は溶接接合後も一部が残存するように溶接する場合がある。しかし、この場合は、未溶接領域では電極

母材32と貴金属チップ33' とが未接合であるか、又は精々抵抗溶接による仮止めが行われている程度であるから、貴金属チップ33' 又は電極母材32' とレーザー溶接部B' との境界に発生したクラックが未溶接領域に到達すると、チップの脱落等が非常に起こりやすくなる問題がある。

【0008】本発明の課題は、スパークプラグ個体間で、レーザービームの照射位置が電極軸線方向にずれて(ばらついて)も、レーザー溶接部の電極軸線方向(溶接ビード幅方向)における成分分布や熱膨張率が大きく変動することなく、クラックの発生・成長を抑制できるスパークプラグの製造方法、及びスパークプラグを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】上記課題を解決するために本発明のスパークプラグの製造方法は、中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向して火花放電ギャップを形成するように配置された接地電極とを備え、前記火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方は、その電極母材に、Ir, Rh, Pt, Pd, Ru, Re, W, Os, Mo, Auのうちの少なくとも1種を主成分とする耐火花消耗性金属チップ(以下、耐消耗性チップという)をレーザー溶接によって接合することにより耐火花消耗性金属発火部が形成されたスパークプラグの製造方法であって、前記電極母材の、少なくとも前記耐消耗性チップの被溶接部を耐熱合金にて構成し、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との間に、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との中間の熱膨張率をもつ合金チップを積層状に重ね合わせて、前記耐消耗性チップ、前記合金チップ及び前記被溶接部に跨るレーザー溶接部を外周面に沿って形成することにより、前記耐消耗性チップを前記被溶接部に固着することを特徴とする。

【0010】また、上記課題を解決するために本発明のスパークプラグは、中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向して火花放電ギャップを形成するように配置された接地電極とを備え、前記火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方は、その電極母材に、耐消耗性チップをレーザー溶接によって接合することにより耐火花消耗性金属発火部が形成されたスパークプラグであって、前記電極母材の、少なくとも前記耐消耗性チップの被溶接部を耐熱合金にて構成し、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との間に、前記耐消耗性チップと前記被溶接部との中間の熱膨張率をもつ合金チップが積層状に重ね合わされ、前記耐消耗性チップ、前記合金チップ及び前記被溶接部に跨るレーザー溶接部が外周面に沿って形成されていることを特徴とする。

【0011】本発明では、耐消耗性チップと被溶接部と

の間に、耐消耗性チップと被溶接部との中間の熱膨張率をもつ合金チップを積層状に重ね合わせ、耐消耗性チップ、合金チップ及び被溶接部に跨るレーザー溶接部を外周面に沿って形成した。このことにより、スパークプラグ個体間で、レーザービームの照射位置が電極軸線方向にずれた（ばらついた）場合でも、レーザー溶接部の電極軸線方向（溶接ビード幅方向）における成分分布の変動幅が相対的に小さく抑えられる。これに伴い、レーザー溶接部と貴金属チップ又は電極母材との境界付近における熱膨張率の変化は相対的に小さくなり、クラックの発生・成長を抑制できる。

【0012】なお、電極母材は、少なくとも被溶接部となる部分をFe又はNiを主体とする耐熱金属で構成できる。本明細書において「主成分」とは、最も重量含有率の高い成分を意味し、必ずしも「50重量%以上を占める成分」を意味するものではない。

【0013】さらに本発明の合金チップは、溶接接合時に、被溶接部及び／又は耐消耗性チップに固定しておくといよい。レーザー溶接前に、合金チップを抵抗溶接等によって耐消耗性チップ及び／又は被溶接部に仮止めしたり、又はレーザー溶接時に、耐消耗性チップの先端面を押圧して、合金チップを耐消耗性チップ及び被溶接部に保持固定したりすることによって、レーザービームにより溶融した合金の凝固時に合金チップが位置ズレや偏心等を起こしにくくなり、電極が傾いたり（偏心）、レーザービームの照射位置にズレを生じにくくなる。これにより、レーザー溶接部と貴金属チップ又は電極母材との境界付近における熱膨張率の変化を極力抑えることができる。

【0014】さらに本発明の合金チップは、被溶接部の主成分を10～50重量%含むものとすることができる。合金チップが、被溶接部すなわち電極母材の主成分を所定量含有することにより、電極母材とレーザー溶接部との境界付近において、レーザー溶接部と貴金属チップ又は電極母材との境界付近における熱膨張率の変化はさらに小さくなり、クラックの発生・成長を抑制できる。

【0015】さらに本発明の合金チップは、耐消耗性チップ及び被溶接部の主成分原料を配合・溶解して形成したものが使用できる。合金チップの均質性が保たれるので、レーザー溶接部における熱膨張率の変化が相対的に小さくなり、クラックの発生・成長の抑制に寄与する。

【0016】さらに本発明の合金チップは、耐消耗性チップ及び被溶接部の主成分を含有する金属粉末を焼結したものが使用できる。この方法によっても、合金チップの均質性が保たれるので、レーザー溶接部における熱膨張率の変化が相対的に小さくなり、クラックの発生・成長の抑制が図れる。

【0017】さらに本発明は、溶接接合後のレーザー溶接部に焼鈍処理を行うことができる。合金チップ、耐消

耗性チップ及び被溶接部の相互間の境界付近は成分分布が不連続となり熱収縮率の違いによりクラックが発生する恐れが大きい。レーザー溶接部に焼鈍処理を行うことで、これらの境界付近に拡散層を生成させて、クラックの発生を抑制できる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1に示す本発明の一例たるスパークプラグ100は、筒状の主体金具1、先端部21が突出するようにその主体金具1の内側に嵌め込まれた絶縁体2、先端に形成された耐火花消耗性金属発火部としての貴金属発火部（以下、単に発火部ともいう）33aを突出させた状態で絶縁体2の内側に設けられた中心電極3、及び主体金具1に一端が溶接等により結合されるとともに他端側が側方に曲げ返されて、その側面が中心電極3の先端部と対向するように配置された接地電極4等を備えている。また、接地電極4には上記発火部33aに対向する、耐火花消耗性金属発火部としての貴金属発火部（以下、単に発火部ともいう）43aが形成されており、それら発火部33aと、対向する発火部43aとの間の隙間が火花放電ギャップgとされている。

【0019】絶縁体2は、例えばアルミナあるいは窒化アルミニウム等のセラミック焼結体により構成され、その内部には自身の軸方向に沿って中心電極3を嵌め込むための孔部6を有している。また、主体金具1は、低炭素鋼等の金属により円筒状に形成されており、スパークプラグ100のハウジングを構成するとともに、その外周面には、プラグ100を図示しないエンジンブロックに取り付けるためのねじ部7が形成されている。

【0020】なお、発火部33a及び対向する発火部43aのいずれか一方を省略する構成としてもよい。この場合には、発火部33aと、発火部を有さない接地電極4の側面との間、又は対向する発火部43aと、発火部を有さない中心電極3の先端面との間で火花放電ギャップgが形成されることとなる。以下、中心電極3に本発明に係る発火部33aを設ける場合の実施形態について説明するが、接地電極4に本発明に係る発火部43aを設ける場合にも同様に実施できる。

【0021】中心電極3及び接地電極4のチップ被固着面形成部位として図2（a）では電極部材32の小径部32c、この実施例では少なくともその表層部としての先端面32dが、Ni又はFeを主成分とする耐熱合金にて構成されている。Ni又はFe主成分とする耐熱合金としては、次のようなものが使用可能である。

①Ni基耐熱合金：本明細書では、Niを40～85重量%含有し、残部の主体が、Cr、Co、Mo、W、Nb、Al、Ti及びFeの1種又は2種以上からなる耐熱合金を総称する。具体的には、次のようなものが使用できる（いずれも商品名；なお、合金組成については、文献（改訂3版金属データブック（丸善）；p138）

に記載されているので、詳細な説明は行わない) : ASTRLOY、CABOT 214、D-979、HASTELLOY C22、HASTELLOY C276、HASTELLOY G30、HASTELLOY S、HASTELLOY X、HAYNES 230、INCONEL 587、INCONEL 597、INCONEL 600、INCONEL 601、INCONEL 617、INCONEL 625、INCONEL 706、INCONEL 718、INCONEL X750、KSN、M-252、NIMONIC 75、NIMONIC 80A、NIMONIC 90、NIMONIC 105、NIMONIC 115、NIMONIC 263、NIMONIC 942、NIMONIC PE11、NIMONIC PE16、NIMONIC PK33、PYROMET 860、RENE 41、RENE 95、SSS 113MA、UDIMET 400、UDIMET 500、UDIMET 520、UDIMET 630、UDIMET 700、UDIMET 710、UDIMET 720、UNITEP AF2-1 DA6、WASPALLOY。

【0022】②Fe基耐熱合金：本明細書では、Feを20～60重量%含有し、残部の主体が、Cr、Co、Mo、W、Nb、Al、Ti及びNiの1種又は2種以上からなる耐熱合金を総称する。具体的には、次のようなものが使用できる(いずれも商品名；なお、合金組成については、文献(改訂3版金属データブック(丸善)、p138)に記載されているので、詳細な説明は行わない) : A-286、ALLOY 901、DISCALOY、HAYNES 556、INCOLOY 800、INCOLOY 801、INCOLOY 802、INCOLOY 807、INCOLOY 825、INCOLOY 903、INCOLOY 907、INCOLOY 909、N-155、PYROMET CTX-1、PYROMET CTX-3、S-590、V-57、PYROMET CTX-1、16-25-6、17-14CuMo、19-9DL、20-Cb3。

【0023】一方、上記発火部33a及び対向する発火部43aは、Ir、Rh、Pt、Pd、Ru、Re、W、Os、Mo、Auのうちの少なくとも1種を主成分とする耐火花消耗性金属、この実施例では、Ir又はPtのいずれかを主成分とする貴金属を主体に構成されている。これらの貴金属の使用により、中心電極の温度が上昇しやすい環境下においても、発火部の耐消耗性を良好なものとすることができる。また、上記のような耐熱合金に対する溶接性も良好である。例えばPtをベースにした貴金属を使用する場合には、Pt単体の他、Pt-Ni合金(例えばPt-1～30重量%Ni合金)、Pt-Ir合金、Pt-Ir-Ni合金等を好適に使用できる。また、Irを主成分とするものとしては、Ir-Pt合金、Ir-Rh合金等を使用できる。

【0024】なお、Ir系の貴金属材料を使用する場合には、元素周期律表の3A族(いわゆる希土類元素)及び4A族(Ti、Zr、Hf)に属する金属元素の酸化物(複合酸化物を含む)を0.1～1.5重量%の範囲内で含有させることができる。これにより、Ir成分の酸化・揮発による消耗が効果的に抑制できる。上記酸化物としては $Y_2O_3$ が好適に使用されるが、このほかにも $La_2O_3$ 、 $ThO_2$ 、 $ZrO_2$ 等を好ましく使用することができる。この場合、金属成分はIr合金のほか、Ir単体を使用してもよい。

【0025】図2は、この発明に係るスパークプラグの

中心電極側発火部の製造工程を示す。図2(a)において、中心電極3は、Ni又はFeを主成分とする耐熱合金にて構成される円柱状の電極母材32と、電極母材32の中心部に埋め込まれ、Cu又はAgを主成分とする良熱伝導性金属にて構成される芯体31とを含む。電極母材32は、大径部32aから縮径部32bを経て先端側の小径部32cに至るまで連続的に設けられ、切削又は塑性加工により形成される。小径部32cの先端面32dに耐消耗性チップとしての貴金属チップ33を載置し、小径部32cに貴金属チップ33をレーザー溶接により接合することにより、耐火花消耗性金属発火部としての貴金属発火部33aを形成する。

【0026】次に、貴金属発火部33aを形成するまでを説明する。図2(b)において、先端面32dと円板状又は円柱状の貴金属チップ33(耐消耗性チップ)との間に、貴金属チップ33の主成分と小径部32c(被溶接部)の主成分とを含み、円板状又は円柱状を呈する合金チップ34を積層状に重ね合わせて重ね合せ組立体Aを形成する。なお、この合金チップ34は貴金属チップ33及び小径部32cの主成分を含むため、その熱膨張率は両者の中間の値を有している。また、貴金属チップ33は、上記発火部33aを構成する合金組成からなる。さらに、小径部32cと合金チップ34(又は合金チップ34と貴金属チップ33)との重ね合わせの際、先端面32d(又は合金チップ34の上面)に凹部を設けてこの凹部に合金チップ34(又は貴金属チップ33)の下面を載置しても良い。

【0027】図2(c)に示すように、この重ね合せ組立体Aに対し、レーザー光源Lから発射されるYAG(イットリウム、アルミニウム、ガーネット)レーザービームLBを、貴金属チップ33と合金チップ34との境界位置に向けて略水平方向に間欠的に照射する。このとき、中心電極3を所定方向に回転させてその照射面が互いに重なる間隔で全周にわたって照射が行われる。これによって、重ね合せ組立体Aを構成する貴金属チップ33、合金チップ34及び小径部32cに跨る全周レーザー溶接部B(レーザー溶接部)が外周面に沿って形成され、貴金属チップ33は先端面32dに固着される。このとき全周レーザー溶接部Bでは、電極母材32、貴金属チップ33及び合金チップ34の各成分が溶融・凝固した状態にある。

【0028】レーザービームLBに関して、照射方向は、電極母材32、貴金属チップ33及び合金チップ34の形状等によっては、図2(c)の斜め上方から斜め下方へ向かうように設定しても良い。中心電極3の代わりにレーザー光源Lを回転させたり、レーザー光源Lと中心電極3とを互いに逆方向に回転させたりすることも可能である。さらに、レーザー光源Lを複数設けても差し支えない。

【0029】貴金属チップ33及び合金チップ34は、

それぞれ所定の組成となるように各合金成分を配合・溶解することにより得られる溶解合金を熱間圧延により板状に加工し、その板材を熱間打抜き加工により所定のチップ形状に打ち抜いて形成したものや、合金を熱間圧延又は熱間鍛造により線状あるいはロッド状の素材に加工した後、これを長さ方向に所定長に切断して形成したものを使用できる。また、貴金属チップ33及び合金チップ34は、それぞれ所定の組成となるように各金属粉末を配合して加熱し、粉末粒子を焼結させて、体積収縮を伴って緻密化した材料を使用できる。

【0030】特に、合金チップ34は、電極母材32及び貴金属チップ33の主成分原料を配合・溶解して形成したものを使用したり、また、電極母材32及び貴金属チップ33の主成分を含有する金属粉末を焼結したものを使用するとよい。合金チップの均質性が保たれるので、全周レーザー溶接部Bにおける熱膨張率の変化が相対的に小さくなり、クラックKの発生・成長の抑制に寄与する。さらに合金チップ34は、電極母材32の主成分を10～50重量%含んでいるため、全周レーザー溶接部Bと貴金属チップ33又は電極母材32との境界付近における熱膨張率の変化がさらに小さくなり、クラックKの発生・成長を抑制できる。

【0031】また、合金チップ34は、溶接接合時に、貴金属チップ33及び／又は先端面32dに固定されている。レーザービームLBにより溶融した合金の凝固時に合金チップ34が位置ズレや偏心等を起こしやすく、電極が傾いたり（偏心）、レーザービームLBの照射位置にズレを生じて、全周レーザー溶接部Bの成分分布が変動する。そこで、レーザー溶接前に、合金チップ34を抵抗溶接等によって貴金属チップ33及び／又は先端面32dに仮止めしたり、又はレーザー溶接時に、貴金属チップ33の先端面を押圧して、合金チップ34を貴金属チップ33及び先端面32dに保持固定したりすることによって、この成分分布の変動を極力抑えることができる。

【0032】さらに、溶接接合後の全周レーザー溶接部Bに焼鈍処理を行っている。合金チップ34、貴金属チップ33及び小径部32c（電極母材32）の相互間の境界付近は成分分布が不連続となり熱収縮率の違いによりクラックが発生する恐れがある。全周レーザー溶接部Bに焼鈍処理を行うことで、この境界付近に拡散層を生成させて、クラックの発生を抑制している。なお、焼鈍処理条件としては、例えば溶接後、 $10^{-5}$  Torr以下の真空中で、 $950 \pm 50^{\circ}\text{C}$ に2時間加熱したのち徐冷する方法がある。

【0033】図3は、中心電極側発火部の溶接接合前の正面図を示す。図において、各部の寸法は次の通りである。貴金属チップ33の外径を $d_1$ 、合金チップ34の外径を $d_2$ 、小径部32cの外径を $d_3$ 、大径部32aの外径をDとしたとき、

$$\begin{aligned} 0.3 &\leq d_1 \leq 1.8 && [\text{mm}] \\ d_1 &\leq d_2 \leq d_3 \leq d_1 + 0.3 && [\text{mm}] \\ 1.5 &\leq D \leq 3 && [\text{mm}] \end{aligned}$$

である。

【0034】貴金属チップ33の厚さを $l_1$ 、合金チップ34の厚さを $l_2$ 、小径部32cの厚さを $l_3$ としたとき、

$$\begin{aligned} l_1 &\leq 0.5 && [\text{mm}] \\ 0.1 &\leq l_2 \leq 0.4 && [\text{mm}] \\ 0 &\leq l_3 \leq 0.3 && [\text{mm}] \\ 0.1 &\leq (l_2 + l_3) \leq 0.4 && [\text{mm}] \end{aligned}$$

である。また、縮径部32bの開先角 $\theta$ は、 $\theta \leq 110^{\circ}$ である。

【0035】図4は、中心電極側発火部の縦半断面図を示し、貴金属チップ33と先端面32dとの間に、この両者の主成分を含む合金チップ34を積層状に重ね合わせ、これら三層に跨る全周レーザー溶接部Bが、外周面に沿って形成されている。その結果、スパークプラグ個体間で、レーザービームLBの照射位置が電極軸線方向にずれた（ばらついた）場合でも、全周レーザー溶接部Bの電極軸線方向（溶接ビード幅方向）における成分分布の変動幅が相対的に小さく抑えられる。これに伴い、全周レーザー溶接部Bと貴金属チップ33又は電極母材32との境界付近における熱膨張率の変化は相対的に小さくなり、クラックKの発生・成長を抑制できる。

【0036】また、図3との対比から明らかなように、この実施例の重ね合せ組立体Aには、少なくともその径方向中央部に未溶接領域が存在するとともに、貴金属チップ33、合金チップ34及び小径部32cは溶接接合後もそれぞれ一部が残存している。仮に、全周レーザー溶接部Bが重ね合せ組立体Aの中心にまで達し、合金チップ34をすべて溶融して径方向中央部に未溶接領域を残さないときは、全周レーザー溶接部Bのビードの幅や深さが大きくなるので強固な溶着力が得られる。しかし一方で、レーザー光源Lには多量の熱量（エネルギー）を要し、また、貴金属チップ33や合金チップ34に比べて熱変化を起こし易い電極母材32や芯体31がこの熱を吸収し過ぎてブローホールやクラックが発生し易くなる。そこで、溶接に要する熱量を抑えつつ、電極母材32や芯体31へ悪影響を及ぼさないよう配慮して、重ね合せ組立体Aの少なくとも径方向中央部に未溶接領域を残すようにしている。重ね合せ組立体Aの未溶接領域においては、貴金属チップ33、合金チップ34及び小径部32c（電極母材32）の残存部分は溶接による影響を全く受けていないか少なくともほとんど受けていないので、溶接接合前の成分分布をほぼそのままの状態を保っていると考えられる。

【0037】図5は、全周レーザー溶接部Bの成分分布を表し、図5（a）の従来例の場合にはレーザービーム

L Bの照射位置aが電極軸線方向のb又はcに僅かにずれただけで、全周レーザー溶接部Bの成分分布は電極軸線方向に相対的に大きく変動する。しかし、図5(b)の本実施例の場合にはレーザービームL Bの照射位置aが電極軸線方向のb又はcに多少ずれても、全周レーザー溶接部Bの成分分布の変動幅は相対的に小さい。貴金属チップ33は、電極母材32(本実施例ではNi又はFeを主成分とする)に比べて一般に融点が高く溶けにくいいため、全周レーザー溶接部Bの合金層は溶融・凝固の際混ざりにくく成分分布に変動を生じ易い。ここでは、合金チップ34を両者の間に挟み、かつ、貴金属チップ33と合金チップ34との境界位置にレーザービームL Bを照射することで、合金チップ34を媒介として貴金属チップ33が溶け易くしかも電極母材32と混ざり易くなって、全周レーザー溶接部Bの成分分布の変動幅は相対的に小さくなると考えられる。

【0038】そして、全周レーザー溶接部Bの成分分布の変動幅が相対的に小さくなるとクラックKの発生・成長が抑制されることを冷熱サイクルの繰り返し耐久試験により確認した。図1のスパークプラグの中心電極側発火部33aを $950 \pm 20^\circ\text{C}$ に二分間加熱し、その後一分間徐冷する。この冷熱サイクルを1,000回繰り返し、クラックの進展率を測定した。なお、クラックの進展率は、図4において、全周レーザー溶接部Bの上端から貴金属チップ33の下端までの軸線方向の距離をt、クラックKの軸線方向の高さを $t_0$ としたとき、 $t_0/t$ で表される。

【0039】図6において、合金チップ34を用いないとき100%近い値を示したクラック進展率は、合金チップ34を貴金属チップ33と小径部32cとの間に挟み、かつ、貴金属チップ33と合金チップ34との境界位置にレーザービームL Bを照射することで、半分以下に減少した。全周レーザー溶接部Bの成分分布の変動幅が相対的に小さくなって、クラックKの発生・成長が抑制されたと考えられる。クラック進展率は、溶接接合後の全周レーザー溶接部Bに焼鈍処理を行うことでさらに低下した。焼鈍処理により、合金チップ34、貴金属チップ33及び小径部32c(電極母材32)の相互間の境界付近に拡散層が生成され、クラックKの発生・成長がさらに抑制され则认为られる。

【0040】以上の実施例において、合金チップ34は

1個(1層)のみ用いたが、複数個(複層)としても良い。その際、合金チップ34各層の成分組成に段階的な差を設けておけば、全周レーザー溶接部Bの成分分布の変動幅が一層小さくなることが期待できる。また、本発明は中心電極3と共に、または、中心電極3に代えて、接地電極4にも適用できる。なお、貴金属チップ33の被溶接部は、小径部32cに限定されない。小径部32cを設けないとき、貴金属チップ33の被溶接部は縮径部32bとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のスパークプラグの一実施例を示す縦断面図及びその要部拡大図。

【図2】図1のスパークプラグの中心電極側発火部の製造工程説明図。

【図3】中心電極側発火部の溶接接合前の正面図。

【図4】中心電極側発火部の縦半断面図。

【図5】全周レーザー溶接部の成分分布を表す概念説明図。

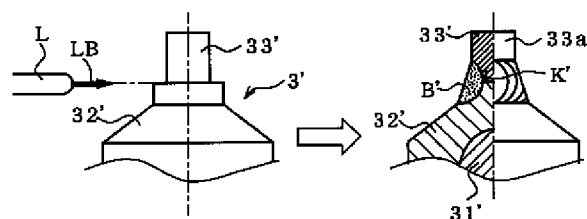
【図6】クラック進展率の変化を表す説明図。

【図7】中心電極側発火部の従来の製造工程を示す説明図。

【符号の説明】

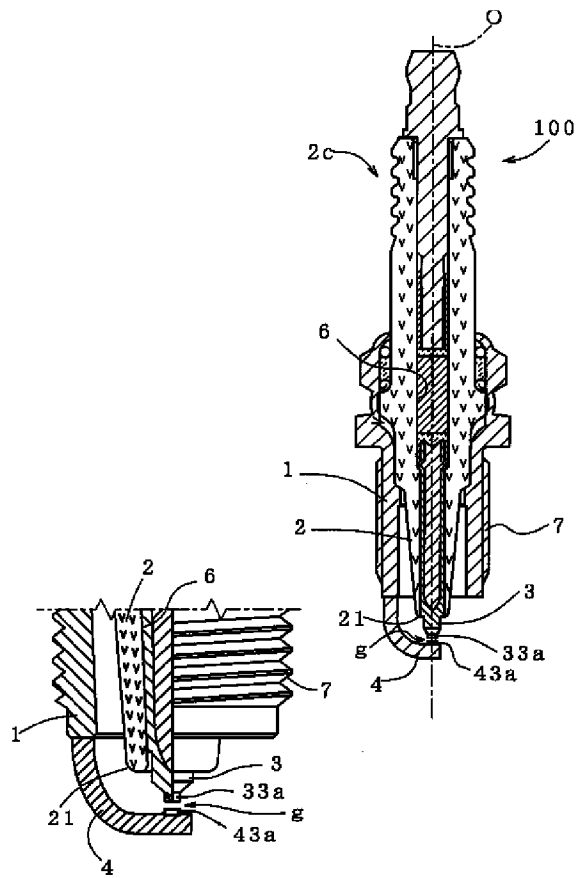
- |     |                             |
|-----|-----------------------------|
| 3   | 中心電極                        |
| 31  | 芯体                          |
| 32  | 電極母材                        |
| 32a | 大径部                         |
| 32b | 縮径部                         |
| 32c | 小径部(被溶接部)                   |
| 32d | 先端面                         |
| 33  | 貴金属チップ(耐火花消耗性金属チップ;耐消耗性チップ) |
| 33a | 貴金属発火部(耐火花消耗性金属発火部;発火部)     |
| 34  | 合金チップ                       |
| 4   | 接地電極                        |
| A   | 重ね合せ組立体                     |
| B   | 全周レーザー溶接部(レーザー溶接部)          |
| L   | レーザー光源                      |
| L B | レーザービーム                     |
| g   | 火花放電ギャップ                    |

【図7】

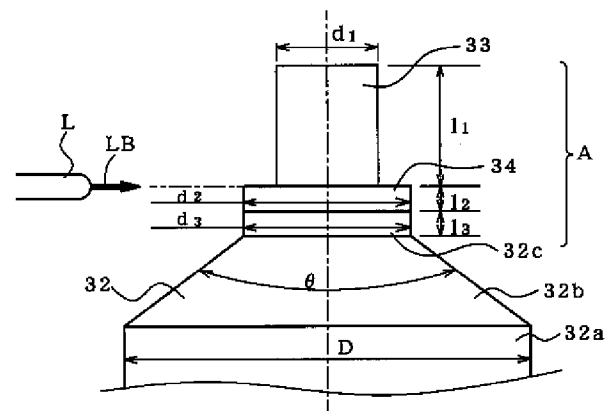




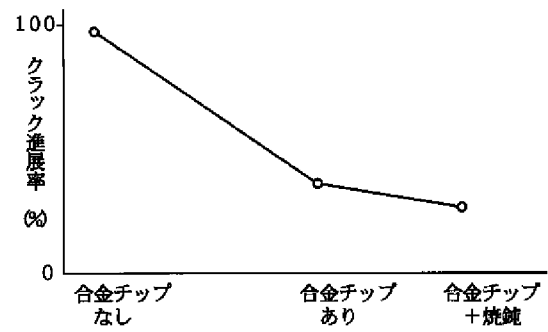
【図1】



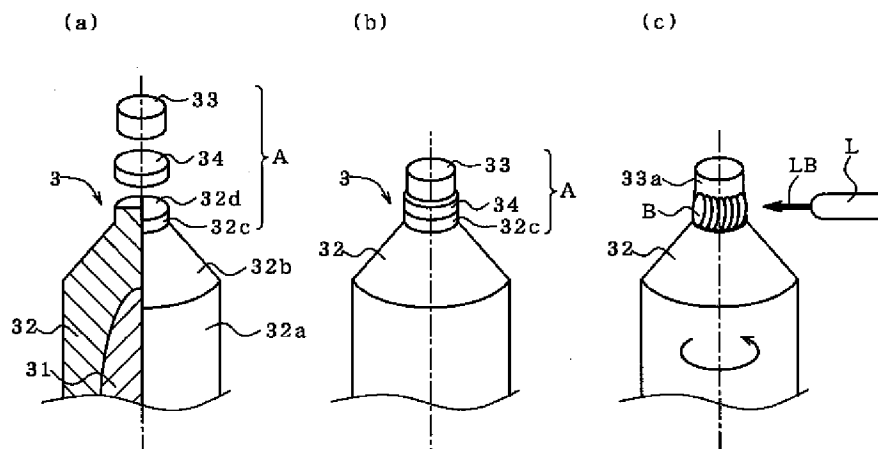
【図3】



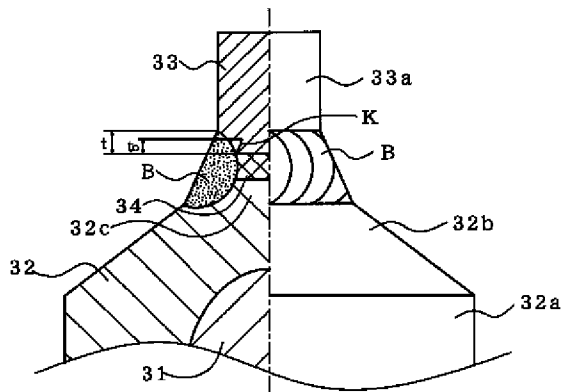
【図6】



【図2】

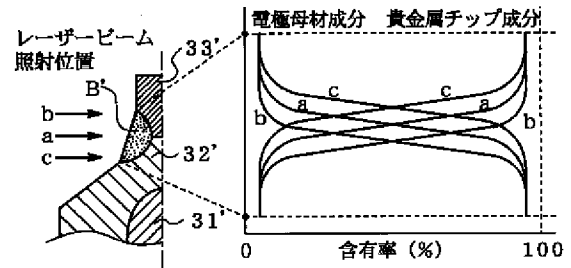


【図4】



【図5】

(a)



(b)

